



TITLE:

ナミブ砂漠, クイセブ川流域の環境
変化と植生遷移・植物利用 (特集
水からみたアジア・アフリカ)

AUTHOR(S):

水野, 一晴; 山縣, 耕太郎

CITATION:

水野, 一晴 ...[et al]. ナミブ砂漠, クイセブ川流域の環境変化と植生遷移
・植物利用 (特集 水からみたアジア・アフリカ). アジア・アフリカ地
域研究 2003, 3: 35-50

ISSUE DATE:

2003-11

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/80023>

RIGHT:

特集・水からみたアジア・アフリカ

ナミブ砂漠，クイセブ川流域の環境変化と植生遷移・植物利用

水 野 一 晴,* 山 縣 耕太郎**

**Vegetational Succession and Plant Utilization in Relation to
Environmental Change along the Kuiseb River
in the Namib Desert**

MIZUNO Kazuharu* and YAMAGATA Kotaro**

The purpose of this research is to clarify the relationship between environmental change and vegetational succession along the Kuiseb River of the Namib Desert.

Sand dunes are thought to have encroached into the Kuiseb Valley several hundred years ago, because it is estimated that tall trees such as *Acacia erioloba* and *Faidherbia (Acacia) albida* died 300-400 years ago. The sand dunes are now covered by bush of *Salvadora persica*. Although *nara (Acanthosicyos horridus)* is an important plant in the Namib Desert, it has recently died out in the lower Kuiseb River due to environmental change. Such plants as *Acacia erioloba*, *Faidherbia albida*, and *Acanthosicyos horridus* are very important for the local people (Topnaar) as food and shade-trees for both humans and livestock. The succession of vegetation governed by the environmental change significantly affects the life of people in the area along the Kuiseb River, because the environmental conditions are harsh and plants are poor there.

1. は じ め に

近年，アフリカにおいて砂漠化が問題になっている．砂漠化には，自然変化と人為的要因の両面の影響が考えられる．自然変化としては，たとえば熱帯収束帯の北上，あるいは南下が進まないことが干ばつをもたらしたりすることがある．また，人的影響としては，人口増加による植生の破壊や過放牧などがあげられる．

ナミビアにおいても，環境変化が問題になっている．1950 年から 2000 年にかけてのウィン

* 京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科, Graduate School of Asian and African Area Studies, Kyoto University

** 上越教育大学, Joetsu University of Education

トフックでの観測データによれば、年平均 0.023°C の割合で気温上昇しているという [Ministry of Environment and Tourism, Republic of Namibia 2002]. 1915 年から 1997 年にかけてのナミビア全土にわたる観測点での平均降水量は 272mm であるが、1981 年から 1996 年の 16 年間でこの平均値を超えたのはわずか 2 年のみであった。気温上昇は蒸発量の増加をもたらすので、たとえ降水量が同じであっても、温暖化が続けば乾燥化がますます進むことが予期される。

ナミビアにはいくつも川が流れているが、そのほとんどは集中的な降雨の後のみ流水がみられるもので、永続的な流水があるのは、南部国境付近を流れるオレンジ川と北部国境付近を流れるクネネ川、カバンゴ川、クワンド—リニャティ—チョベ水系、ザンベジ川のみである。礫砂漠と砂丘地帯の境界を流れるクイセブ川では、その降水量が、上流域の年降水量 200mm から海岸部の 20mm 以下にまでわたるが、地表流はほとんど海岸部まで到達せず、途中で河床の深い砂に吸収される。そのため、中・下流部には普段は流水がなく、たまの洪水時のみ流水が見られる。このクイセブ川流域には、川沿いに分布している樹林の大量枯死がみられる。樹林の枯死の仕方は、場所によってさまざまである。本論文では、クイセブ川流域で砂丘に埋もれる樹木に注目した。乾燥化とともに砂丘の拡大が生じ、かつて樹林地帯であったところも、砂丘に取り込まれていく。砂漠化と植生の遷移という動態を明らかにするとともに、その住民に対する影響を検討する。

2. 調査地の概観と調査方法

2.1 調査地の概観

ナミブ砂漠は、ナミビアの西岸に広がり、大西洋に面している。ナミブ砂漠が形成された年代ははっきりしないが、少なくとも過去 8000 万年間は乾燥から半乾燥の間を変化していたと考えられている [Seely 1992]. ナミブ砂漠は年降水量が 50mm に満たず、海岸部ほど降水量が少なく、内陸に向かって降水量が多くなる。ナミビアの沿岸地方には、強い南西風が吹き、それが沿岸を流れる寒流、ベンゲラ海流の冷気を内陸に運び、暖気層の下に冷氣層をもたらして、大気の逆転層をつくっている。この逆転層が大気の擾乱を減少させ、海岸部に砂漠を形成させている [水野 2002].

調査はクイセブ川流域に位置するゴバベツ周辺で行われた (図 1, 写真 1)。ゴバベツでは、年平均降雨量はわずか 27mm であるが (図 2)、霧による降水量は 31mm にのぼる (図 3, 写真 2) [Lancaster *et al.* 1984]. 朝発生する霧は海岸から何十 km も内陸に広がるが、高度 300-600m で最も密集する。ナミブ砂漠は海岸から徐々に地表高度が上がるので、海岸から 40km くらい内陸の場所が最も霧が凝集した高度になる。そのため、そのあたりの霧水降水量が最も多い。また、フォーゲルフェーダー (ベルグ) 山のように孤立丘は霧水を凝集する役割を果たし、霧水降水量が多いため、砂漠の中で植物が生育した、まさに「孤立丘」を形成す

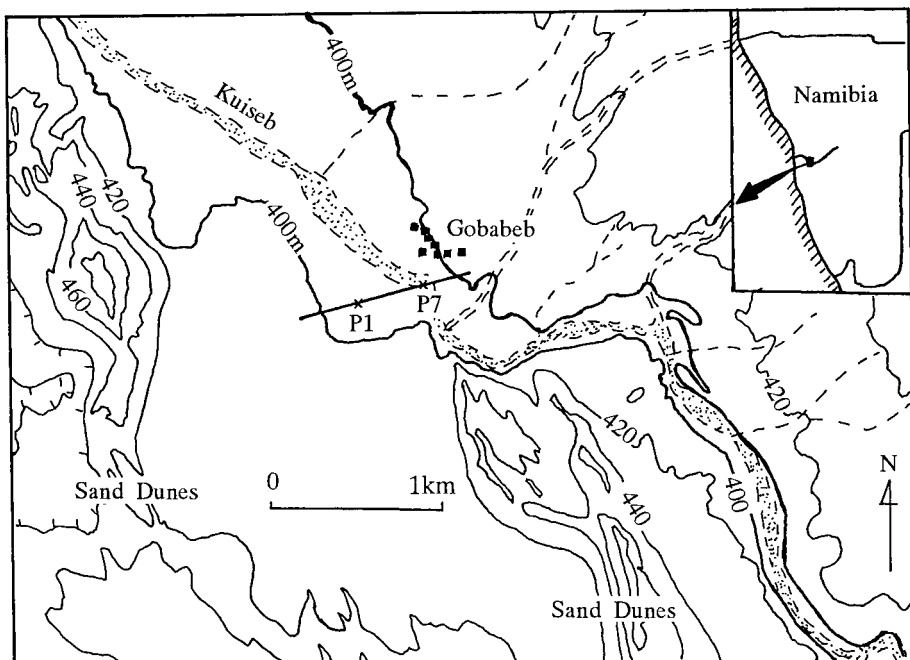


図 1 調査地

P1, P7 : 土壌断面 (図 4, 5)

Fig. 1. Study area

P1, P7: Soil profile (Fig. 4 and 5)



写真 1 ナミブ砂漠，ゴバベップ周辺の砂丘とクイセブ川

Photo 1. Sand dune and Kuiseb River near Gobabeb

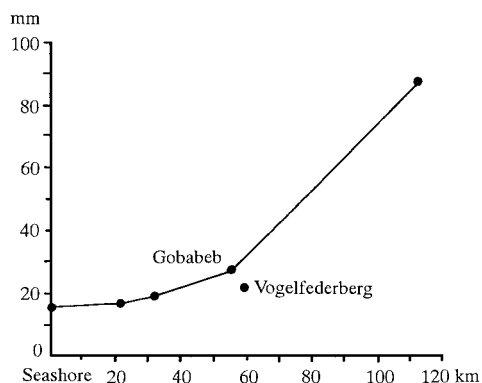


図2 中部ナミビアの海岸からの距離に対する年平均降雨量 [Lancaster *et al.* 1984]

Fig. 2. Mean annual rainfall in the central Namib plotted against distance from coast [Lancaster *et al.* 1984]

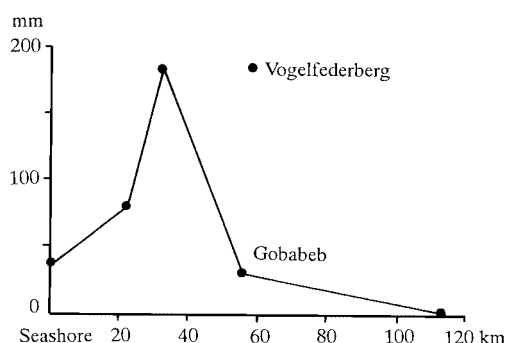


図3 中部ナミビアの海岸からの距離に対する年平均霧水降水量 [Lancaster *et al.* 1984]

Fig. 3. Mean annual fog-water precipitation in the central Namib plotted against distance from coast [Lancaster *et al.* 1984]



写真2 ゴバベップに朝発生する霧
Photo 2. Fog in the morning at Gobabeb

る。ゴバベップにおいて、降水をもたらす霧の発生は年平均約 37 日であり (1976-81 年)、この霧の発生がナミブ砂漠の動植物にとって重要な水分供給となる [Lancaster *et al.* 1984]。

2.2 調査方法

クイセブ川を横断し、長さ 1,000m にわたるトランセクトを設け、そのトランセクトに沿って測量を行って、地形断面図を作成した。さらに、そのトランセクトに沿って植生および土壌調査を行った。土壌に関しては、深さ 1-2m のピットを作成し、土壌断面を記載した。地下水

位の深さは，井戸の取水位置から求めた．

土壌水分は，Campbell Scientific 社製のハイドロ・センス土壌水分計で体積含水率を測定した． ^{14}C （放射性炭素）年代測定は，USA フロリダのベータアナリティク社に依頼した．定試料木のサンプル 3 と 4 は，枝のトゲの付き方から *Acacia erioloba* か *Faidherbia (Acacia) albida* と考えられ，樹木の枯死した年代を知るために枯死木の枝の最先端（一番最後に成長した部分）を年代測定用に採取した．なお， ^{14}C の年代は補正 ^{14}C 年代 (Conventional ^{14}C age) が示してある．

3. 調査結果と考察

3.1 環境変化と植生遷移

図 4 は，トランセクト沿いの地形断面図である．この地形断面より，図の縦軸の高度で，0m 付近と，約 2m および 10m 以上に平坦面が分布していることがわかる．それぞれ，高度 0m の段丘面を低位段丘，高度 2m 面を中位段丘，高度 10m 以上の面を高位段丘とした．

中位段丘の堆積物表層にはカルクリートが形成されていた（写真 3）．カルクリートは，土壌中の水分の蒸発により炭酸カルシウム CaCO_3 が集積して形成された塩類皮殻である．このカルクリートについては， ^{14}C の年代測定により， 5300 ± 60 年 BP および 6740 ± 50 年 BP という年代値が得られた（Sample number 1, 2, 表 1）．このことから，5000-7000 年前には中位段丘はかつての河床であって，地下水面が浅く，毛管現象によって地下水が上昇し，地表から蒸発することによってカルクリートが形成されたことが予想される．また，ここがかつての河床であった証拠として，付近の地表に数 mm から数 cm の円礫がみられる．アフリカでは新生代



写真 3 中位段丘上のカルクリート (CaCO_3)
Photo 3. Calcrete (CaCO_3) in the middle terrace

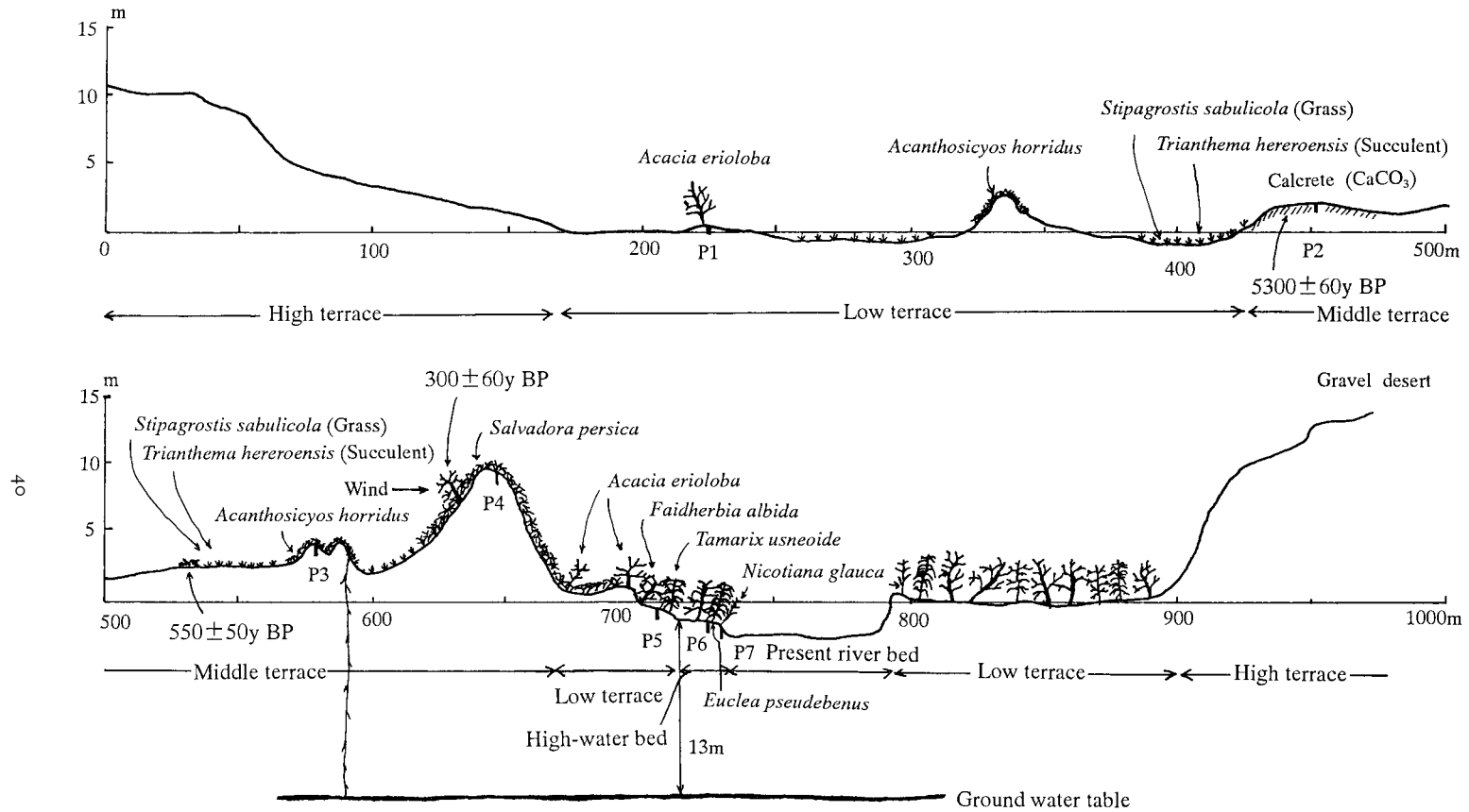


図4 トランセクト(図1)に沿った地形断面と植生

P1-P7: 土壌断面(図5)

Fig. 4. Topographic profile and vegetation along transect (Fig. 1)

P1-P7: Soil profile (Fig. 5)

第四紀完新世の初期の温暖化期（9000-8000 年前）と中期の高温期（7000-5000 年前）は大湿潤期で，サハラの奥深くまで大量の雨が降り，砂漠は広くサバンナやステップの緑で覆われ，今は干上がっている涸れ川にいつも水が流れ，砂漠の真ん中にもチャド湖をはじめ多くの湖が拡大したと考えられている [門村 1992]．したがって，この中位段丘は完新世中期の大湿潤期（7000-5000 年前）には地下水面が高く，一時河川であった可能性が考えられる．

現河床沿いの低位段丘面の樹林地帯は，地下水位が深さ約 13m と浅く，*Acacia erioloba* や *Faidherbia (Acacia) albida*, *Tamarix usneoides*, *Euclea pseudobenus* などの高木からなっている．

河床の西側の砂丘は，低位段丘と中位段丘の境界に位置する．川の流路と垂直に吹く南西風によって飛んでくる砂が，河床の西側に分布する樹林地帯によってとめられ，砂の堆積の拡大によって，現在高さ 10m くらいの砂丘ができたと思われる（写真 4）．そのことは，そこに埋まっている樹木の地表面下の部分が 10m 近くにもものぼることから推定できる．ゴバベップ周辺では，砂の移動は北—北東方向で，その移動速度は 30-180cm/年と記録されている [Ward



写真 4 クイセブ川沿いの樹林帯でとめられた飛砂と砂に埋もれていくアカシア林

Photo 4. Flying sand interrupted by trees along the Kuiseb River and *Acacia* trees covered with sand

表 1 サンプルの ^{14}C 年代値（補正年代値）
Table 1. ^{14}C dates of samples (conventional ^{14}C age)

Sample number	Material	^{14}C data (yr BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Laboratory code number (Beta-)
1	Carbonate	5300 ± 60	−6.2	164939
2	Carbonate	6740 ± 50	−7.2	176921
3	Wood	300 ± 60	−23.8	165889
4	Wood	550 ± 50	−23.9	165888



写真5 砂丘の拡大によって枯死したアカシア林
Photo 5. Growth of sand dune and dead tree of *Acacia*

and Brunn 1985].

アカシア (*Acacia erioloba*, *Faidherbia (Acacia) albida*) の高木は、堆積していく砂に埋まって枯死していった (写真5)。このアカシアが枯死した年代は ^{14}C の年代測定より 300 ± 60 年 BP のものと判明した (Sample number 3, 表1)。400年前頃に砂丘の形成が始まったと考えられる。砂に埋まるにつれ樹木が枯死していった理由については判明していないが、たとえば、空中からの根に対する酸素供給が減少して枯死したことが考えられる。あるいは、地表付近からの養分の供給が根系に届かなくなったのかもしれない。その点については今後の課題としたい。

現在砂丘を覆うサルバドラ (*Salvadora persica*) の生育している場所を掘ってみると、地中にかつての幹が深くまでのびている (写真6, 7)。このことからサルバドラは砂に埋もれながらも常に上方に幹をのばして生育していく植物であることがわかり、さらに地表を覆うブッシュで飛んでくる砂をキャッチし、砂丘を拡大させていることが予想される。

クイセブ川流域で人々にとって重要な植物にナラ (*Acanthosicyos horridus*) があるが、調査地域では低位から中位の段丘面上にナラのブッシュが覆う小さなマウンド (高さ 1-3m, 直径 10m 程度) が点在している (写真8)。ナラは深さ 15m 以上にも根をのぼすのが可能といわれ、このあたりの地下水位が深さ 15m くらいなので、ここのナラは地下水から水分を吸収していると考えられる。

土壌断面を見ると、地中深くにまで茎が埋まっていて、ナラも砂に埋まりながら、常に上方に成長してきたことをうかがわせる (写真9)。このナラは、低位段丘—中位段丘上には分布するが、高位段丘や砂丘上には分布していない。これは、地下水位との関係であろう。したがって、サルバドラが覆っている砂丘の場所にもかつてはナラが分布していたことが考えられ



写真 6 砂丘を覆うサルバドラのブッシュ
Photo 6. Bush of *Salvadora persica* covering sand dune



写真 7 サルバドラの生育地の土壌断面
Photo 7. Soil profile of plot covered by *Salvadora persica*

るが、砂丘の拡大とともに地下水からの水の供給が困難になり、ナラは消滅していったことが予想される。

また、中位段丘面には、同じようなマウンドが 2 つ並び、1 つは現在ナラが覆っているが、もう 1 つには、完全に枯死したアカシアが炭化した状態で埋没し、その破片が周囲に分布している。中位段丘面が河床であった時代以降の湿潤期に、アカシア等の樹林がより多く生育していたのが、その後の乾燥化によって、枯死したと考えられる。この枯死したアカシアは ^{14}C 年代測定により 550 ± 50 年 BP のものであった (Sample number 4, 表 1)。600 年ごろまではアカ

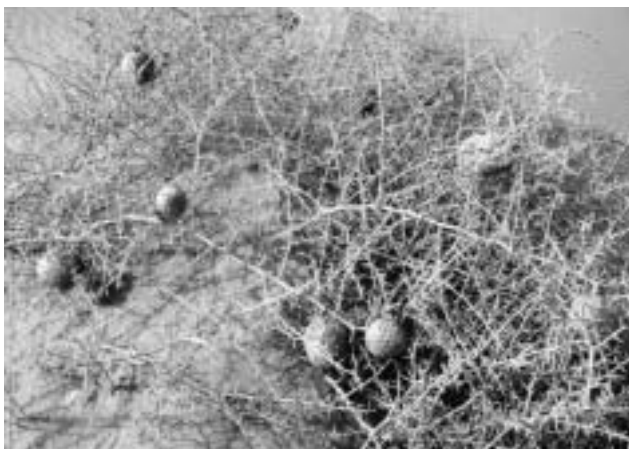


写真8 ナラのブッシュ

Photo 8. Bush of *nara* (*Acanthosicyos horridus*)



写真9 ナラの生育地の土壌断面

Photo 9. Soil profile of plot covered by *nara* (*Acanthosicyos horridus*)

シアが多く生育して湿潤であった可能性がある。

さらに河床から離れた低位段丘面は、無植生か、イネ科の *Stipagrostis sabulicola* や多肉性矮低木の *Trianthema hereroensis* など数種が広く点在し、*Stipagrostis sabulicola* は地表下 1-10cm

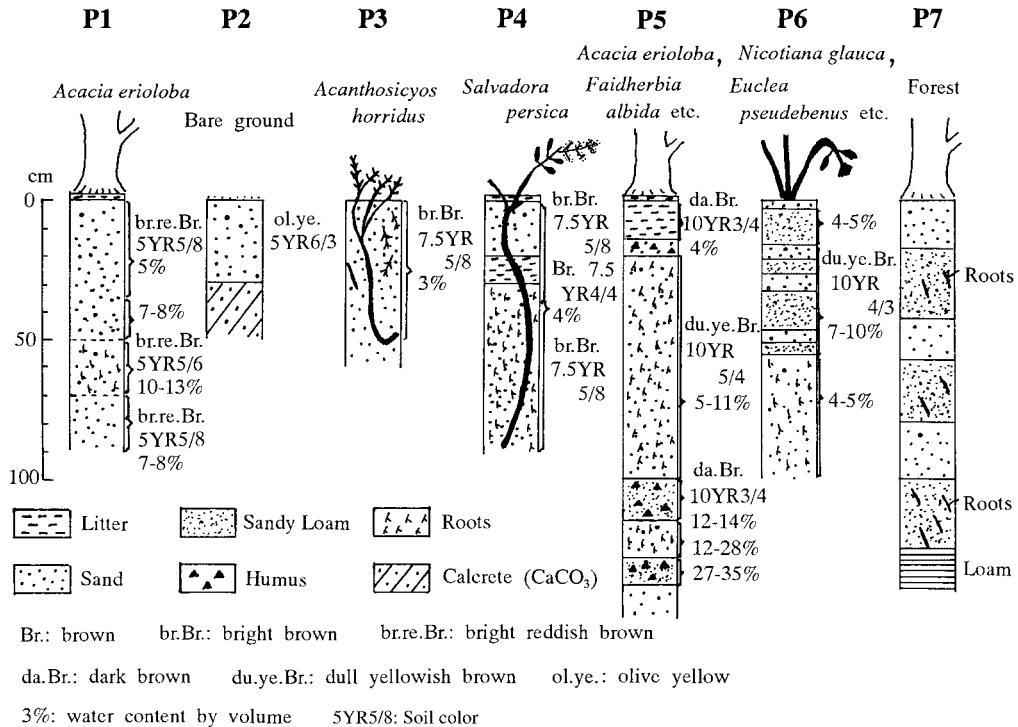


図5 各調査地点 (図4に示した) における土壌断面図

Fig. 5. Soil profile of plots shown in Fig. 4

に水平に広く発達した (距離 20m に達する) 根系をもち、霧の摂取を容易にし、*Trianthema hereroensis* は葉や茎で直接霧を吸収している [Seely *et al.* 1998].

土壌についてみると、ナラ (P3) やサルバドラ (P4) の砂質の土壌は、水分率が 3-4% しかない (図5)。そのため、ナラは、深さ 15m 以上にも延びる根を地下水まで到達させている。

サルバドラは、深さ 20cm から 1m 以上まで密生する細かい根が水分をむだなく吸収している。深さ 20-30cm のところにはリターが 10cm ほど堆積しているが、このリターが堆積した時代は、砂の移動が穏やかだったときだと予想される (写真 7)。そして、近年、再び砂の移動が活発になった。

一方、低位段丘のアカシアなどの樹林地帯では (P5)、深さ 100cm までは砂質土壌で水分率 4-10% であるが、深さ 100cm から 150cm では腐植混じりの砂質土壌で水分率 12-35% にもなり、この深さには細かい根が多く、ここで水分吸収が活発であると考えられる。同様のことは、P1 でもいえ、深さ 50-70cm で細根が多く、土壌水分率が 10-13% がある。また、高木の混在する場所 (P7) でも深くまで根が見られ、*Nicotiana* や *Euclea* のような中・低木の生育する氾濫原 (P6)

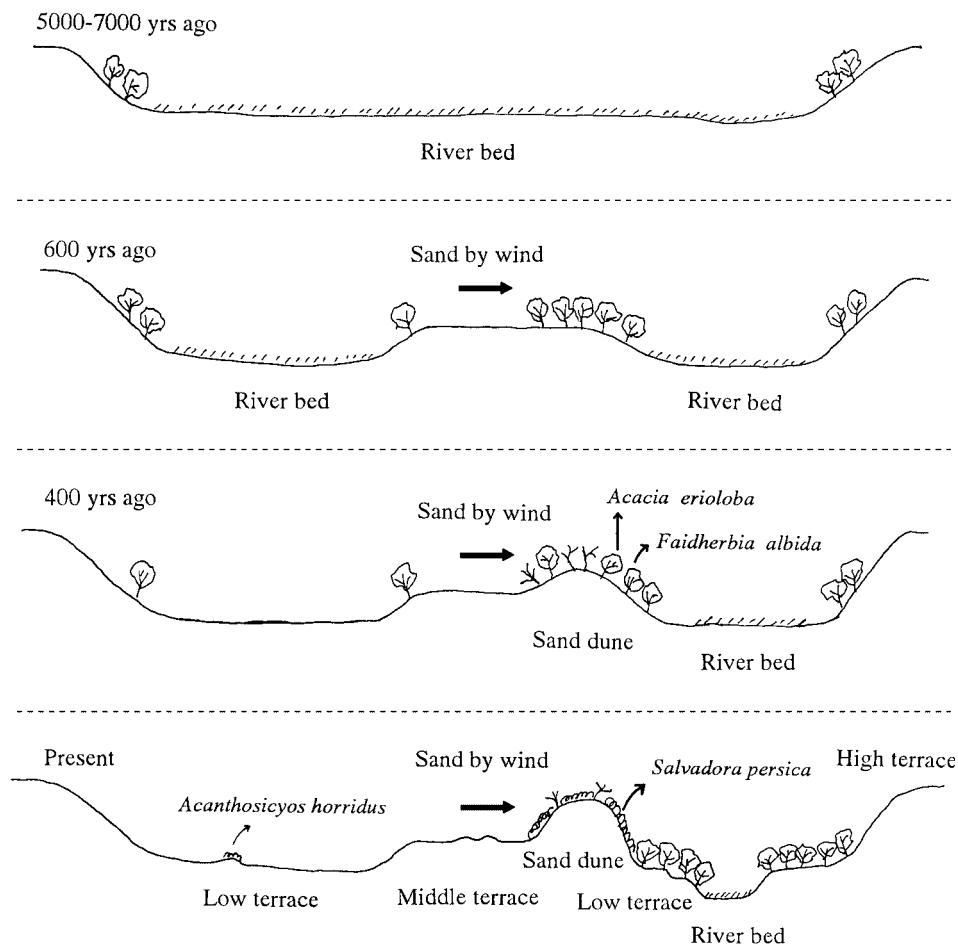


図6 調査地の環境変遷と植生の遷移
Fig. 6. Environmental change and vegetational succession in study area

でも土壌の深いところに細根が多い。

以上をまとめると、図6のようになる。

1. 5000-7000年前には、現在より湿潤で、広い河床があった。地下水面も現在より高かった。
2. 600年前までには、現在の低位段丘面ができ、そこにはアカシアなどの樹林地帯があった。その樹林地帯で飛んでくる砂がとめられるようになった。
3. 400年前には、樹林地帯でとめられる砂が堆積し、砂丘ができはじめ、樹林が枯れていった。
4. 現在は、砂丘が拡大し、砂丘のアカシアなどの樹林は枯れ、低木のサルバドドラがその砂丘を覆って、さらに砂をキャッチして砂丘を拡大させている。また、現河床近くの低位段丘面

にはアカシア (*Acacia*, *Faidherbia*) や *Tamarix* などの樹林地帯が形成され，現河床沿いの氾濫源では，*Euclea* や *Nicotiana* などが分布している．さらに，河床から離れた低位段丘や中位段丘上には，ナラがマウンドを作り，低位段丘上は無植生かイネ科などの草本がパッチ上に点在している．

3.2 クイセブ川流域に住む人々と植生の重要性

クイセブ川流域に住むのは，トップナール (Topnaar) と呼ばれる牧畜民で，コイサンの中のコイ (コイコイ) に含まれるナマの人々の一民族である．彼らの生活にとって，もっとも重要な植物に，ナラ (*Acanthosicyos horridus*) がある．トップナールの別称は，ナラ (*nara*) から派生したナラニン (*Naranin*) であり，彼らの文化にとってナラがいかに重要であることを示している．

ナラの果実は，果肉が豊富な水分を保持している季節には，生で食され，ナラが生産される時期には彼らのほとんど唯一の食料となる [伊東 2003]．また，果肉部分を煮て，薄いスープに変え，それにトウモロコシの粉を混ぜて甘いかゆをつくる [Wyk and Gericke 2000]．ナラは，カラハリ砂漠が原産地といわれるスイカと同様，長くのびる根によって，深い地下水から水分を吸収し，実に水分を貯蔵させるという，乾燥地特有の構造をもっている．したがって，ナラもスイカも乾燥地に生きる人々の重要な水分源となっている．また，ナラに含まれる多数のタネは食用あるいは採油用に町で売られ，トップナールの人々にとって，重要な現金収入源になっている [伊東 2003]．

クイセブ川下流域においては，ナラフィールドと呼ばれる，ナラが広く生育している地域がある．トップナールの人々は，自然に生育するナラを 12-3 月に収穫し，食料や現金収入源としている．しかしながら，1961 年のダム建設によりそれより下流のナラフィールドでは，川

表 2 1962-84 年のゴバベップにおけるクイセブ川の洪水記録
Table 2. Summary of Kuiseb River floods at Gobabeb, 1962-84

Year	Total number of days	Year	Total number of days
1962/63	68	1973/74	102
1963/64	No record	1974/75	10
1964/65	26	1975/76	61
1965/66	18	1976/77	8
1966/67	22	1977/78	7
1967/68	11	1978/79	8
1968/69	18	1979/80	No flow
1969/70	1	1980/81	No flow
1970/71	34	1981/82	No flow
1971/72	43	1982/83	No flow
1972/73	15	1983/84	4

[Seely *et al.* 1981; Ward and Brunn 1985]

の氾濫がなくなり、多量のナラが枯死した [伊東 2003]。川の氾濫はナラの更新にとって大きな役割を果たしていたことが予想される。

高木の *Acacia erioloba* は、クイセブ川流域では、最も乾燥した場所に生育する高木である。薪資源として重要であり、樹脂を煎じたものは、咳、風邪、結核のときに使われ、樹皮を煎じたものは下痢の時に利用される。根を煎じたものは咳のときに服用されたり、鼻血のときに使用される [Wyk and Gericke 2000]。飢饉のときには、トップナールの人々はさやの果肉を食べる。焼いた種はコーヒーの代用品として使われる。しかし、この木の最も重要な利用は、砂漠における人間や野生動物にとっての日陰や避難所を提供することであろう [Craven and Marais 1986]。クイセブ川流域のトップナールの人々は、ヤギによる牧畜を行っているが、ヤギは *Acacia erioloba* のさやや葉を好んでよく食べていて、トップナールの牧畜にとって重要な樹木である。

もうひとつの主要な高木、*Faidherbia albida* は、*Acacia erioloba* 同様に家畜の食料として重要だが、*Faidherbia albida* のとくに重要な点は、通常の樹木とは反対に雨季に葉を落とし、乾季に葉をつけていることである。したがって、ヤギにとってのえさ不足の乾季に、その葉やさやが重要な食料源となるのである。

ゴバベツ周辺では、クイセブ川は 1963-79 年には毎年洪水が記録され [Seely *et al.* 1981]、特に 1976 年には比較的大きな洪水によって左岸に沿って砂丘の侵食が観察されたが、1980-82 年には近年の乾燥化により夏にきわめて貧弱な流水が生じたのみであった (表 2) [Ward and Brunn 1985]。このような乾燥化が今後長期化すれば、これまでみてきたようなアカシアの数百年オーダーでの樹木枯死が発生することも考えられるであろう。アカシアの高木がナラのように大量に枯死することが生じれば、トップナールの人々の主要な生業である牧畜だけでなく、住民そのものに対しても、いろんな形で影響を及ぼすことが予想される。

4. ま と め

以上のように、クイセブ川流域の自然環境は変化している。気候変動にともない地形や植生・土壌が変化していく。このような自然の中で生活するトップナールの人々にとって、自然の変化は重要であり、環境変化と人間活動の関係を見続けることは、大切なことだと考えられる。

調査地域に生育する主要な植物のトップナールの人々による利用はさまざまである。クイセブ川流域では植物の分布がきわめて貧弱であり、それだからこそ、それらの植物は、トップナールの人々の生活にとって、きわめて重要となる。しかしながら、本研究で解明されたように数百年のオーダーでも、砂丘の拡大とともに、それに埋もれるアカシアが枯死していき、拡大する砂丘に適応できる低木サルバドラに遷移していく過程が確認された。また、環境変化で

ナラ植生が消滅していく現象もみられた。当然，それらの植生遷移は，人々の生活にも大きな影響を及ぼすだろう。

アフリカの高山では，低温という厳しい環境のもとで，そのわずかな気温変化が植生分布に大きな影響を与えていた [水野 1999; 2000; 2001; 2003; 水野・中村 1999; Mizuno 1998]。同じように乾燥という厳しい環境の砂漠においても，降水量の減少等の小さな環境変化が大きな植生変化をもたらす。しかし，環境変化は連鎖的に作用するうえ，それらの相乗効果でより拡大し，また大気循環等により広範囲に影響が及ぶ。したがって，このような「環境—植生」の動態を把握し，検討することは，そこに住む人々の生活にとってだけでなく，グローバル・スケール，すなわち我々にとっても意義があることだと考えられる。

謝 辞

本研究は，文部科学省科学研究費補助金・基盤研究 A (1)(研究代表者：水野一晴)「アフリカの半乾燥地域における環境変動と人間活動に関する研究」(課題番号：13371013)の一環として行われた。現地調査では，ナミビア砂漠研究所の J. Henschel 氏の協力を得た。ここに感謝いたします。

引 用 文 献

- Craven, P. and Marais, C. 1986. *Namib Flora*. Windhoek: Gamsberg Macmillan.
- 伊東正顕. 2003. 「ナミブ砂漠中央部クイセブ川下流におけるナラ植生の変化とそれによる人々の生活への影響について」『日本アフリカ学会第 40 回学術大会要旨集』90.
- 門村 浩. 1992. 「サヘル—変動するエコトーン」門村 浩・勝俣 誠編『サハラのはより』TOTO 出版, 46-78.
- Lancaster, J., Lancaster, N. and Seely, M.K. 1984. Climate of the Central Namib Desert, *Madoqua* 14: 5-61.
- Ministry of Environment and Tourism, Republic of Namibia. 2002. *NAMIBIA International Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Windhoek: Ministry of Environment and Tourism, Republic of Namibia.
- Mizuno, K. 1998. Succession Processes of Alpine Vegetation in Response to Glacial Fluctuations of Tyndall Glacier, Mt. Kenya, Kenya, *Arctic and Alpine Research* 30: 340-348.
- 水野一晴. 1999. 『高山植物と「お花畑」の科学』古今書院.
- _____. 2000. 「熱帯高山の植生分布を規定する環境要因」工藤 岳編著『高山植物の自然史』北海道大学図書刊行会, 99-114.
- _____. 2001. 「地球温暖化でどのように植物は山を登るか」水野一晴編『植生環境学』古今書院, 58-70.
- _____. 2002. 「ナミブ砂漠の自然」『地理月報』470: 4-5.
- _____. 2003. 「ケニア山における氷河の後退と植生の遷移—とくに 1997 年から 2002 年において—」『地学雑誌』112: 608-619.
- 水野一晴・中村俊夫. 1999. 「ケニア山, Tyndall 氷河における環境変遷と植生の遷移—Tyndall 氷河より 1997 年に発見されたヒョウの遺体の意義—」『地学雑誌』108: 18-30.
- Seely, M. 1992. *The Namib*, 2nd Edition. Windhoek: Shell Namibia.

- Seely, M., Buskirk, W., Hamilton, W. and Dixon, J. 1981. Lower Kuiseb River Perennial Vegetation Survey, SWA *Scientific Society* XXXV: 57-86.
- Seely, M., Henschel, J. and Robertson, M. 1998. *The Ecology of Fog in Namib Desert Dunes*. Proceedings of 1st Conference of Fog & Fog Collects. Vancouver: International Development Research Center, pp. 183-186.
- Ward, J.D. and Brunn, V. 1985. Sand Dynamics along the Lower Kuiseb River. In B.J. Huntley ed., *The Kuiseb Environment: the Development of a Monitoring Baseline*. Pretoria: Council for Scientific and Industrial Research, pp. 51-72.
- Wyk, B. E. and Gericke, N. 2000. *People's Plants*. Pretoria: Briza Publication.